

대한민국 특허청  
KOREAN INTELLECTUAL  
PROPERTY OFFICE

별첨 사본은 아래 출원의 원본과 동일함을 증명함.

This is to certify that the following application annexed hereto  
is a true copy from the records of the Korean Intellectual  
Property Office.

출원번호 : 10-2002-0061856  
Application Number PATENT-2002-0061856

출원년월일 : 2002년 10월 10일  
Date of Application OCT 10, 2002

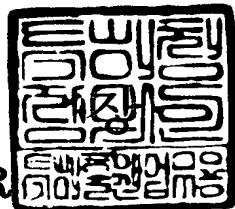
출원인 : 엘지전자 주식회사  
Applicant(s) LG Electronics Inc.

2003년 01월 24일



특허청

COMMISSIONER





【성명의 영문표기】 WON, June Hee

【주민등록번호】 740208-1324427

【우편번호】 139-240

【주소】 서울특별시 노원구 공릉동 81 태강아파트 1009동 105호

【국적】 KR

【발명자】

【성명의 국문표기】 오재윤

【성명의 영문표기】 OH, Jae Yoon

【주민등록번호】 710117-1042448

【우편번호】 423-060

【주소】 경기도 광명시 하안동 769 주공아파트 229-302

【국적】 KR

【발명자】

【성명의 국문표기】 이경훈

【성명의 영문표기】 LEE, Kyung Hun

【주민등록번호】 740121-1651119

【우편번호】 152-059

【주소】 서울특별시 구로구 구로본동 469-19 202호

【국적】 KR

【심사청구】 청구

【취지】 특허법 제42조의 규정에 의한 출원, 특허법 제60조의 규정에 의한 출원심사  
를 청구합니다.

대리인

박병창 (인)

【수수료】

【기본출원료】	20	면	29,000	원
【가산출원료】	1	면	1,000	원
【우선권주장료】	0	건	0	원
【심사청구료】	8	항	365,000	원

【합계】

395,000 원

【첨부서류】 1. 요약서 · 명세서(도면)\_1통

## 【명세서】

### 【발명의 명칭】

동기 릴럭턴스 모터의 센서리스 제어시스템{Synchronized Reluctance Motor Controlling System without a Sensor}

### 【도면의 간단한 설명】

도 1은 본 발명에 따른 동기 릴럭턴스 모터의 센서리스 제어시스템의 구성이  
도시된 도,

도 2는 본 발명에 따른 동기 릴럭턴스 모터의 센서리스 제어시스템의 변수  
등이 도시된 그래프이다.

#### <도면의 주요 부분에 관한 부호의 설명>

100 : 센서리스 제어블록

101 : 자속측정기

102 : 회전각추정부

103 : 속도추정부

200 : 저속영역 트래킹루프부

210 : 비례형 관측속도 출력부

211 : 자속오차 산출부

212 : 하이패스 필터

213 : 복조부

214 : 제2 개인부

215 : 로우패스 필터

216 : 비례적분기

221 : 기준신호 조합부

222 : 관측속도 산출부

223 : 적분기

224 : 삼각함수 변환부

225 : 회전각오차 산출부

226 : 제1 개인부

**【발명의 상세한 설명】****【발명의 목적】****【발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술】**

본 발명은 동기 릴럭턴스 모터의 센서리스 제어시스템에 관한 것으로서, 특히 센서 없이 동기 릴럭턴스 모터의 회전자의 속도와 회전각을 추정함에 있어서 모터의 기동 시와 저속 구동 시 발생하는 추정속도와 추정회전각의 오차를 방지하고 시스템을 안정화시킬 수 있는 동기 릴럭턴스 모터의 센서리스 제어시스템에 관한 것이다.

동기 릴럭턴스 모터란 회전자와 고정자의 구동원이 동기화된 모터로서 고정자에 전류가 유입되는 경우 상기 회전자에 형성되는 저항이 최소가 되도록 상기 회전자가 회전하는 모터를 의미한다. 특히, 상기와 같은 동기 릴럭턴스 모터를 구동시키기 위해서는 그 회전자의 위치를 항상 알고 있어야 하는데 최근 들어서는 센서 없이 상기 회전자의 위치를 파악하는 동기 릴럭턴스 모터의 제어시스템의 사용이 크게 증가하고 있다.

즉, 센서 없이 상기 회전자의 위치를 파악하는 동기 릴럭턴스 모터의 센서리스 제어시스템은 상기 모터로 유입되는 전압, 전류 및 그에 따라 상기 모터에 형성되는 자속 등을 측정하여 상기 동기 릴럭턴스 모터를 구성하는 회전자의 속도나 회

전각(또는 위치; 이하 회전각이라 통칭함)을 파악하는 제1 방식을 사용하고 있다.

즉, 상기 제1 방식은 상기 자속측정기에서 측정된 자속에 의해 상기 모터의 속도와 회전각을 추정한다.

그러나, 모터가 기동 시 또는 저속 구동 시 상기 자속측정기에서 전압 추정 시 문제가 발생하며 이에 따라 상기 추정속도와 추정회전각은 상기 회전자의 실제 속도 및 회전각과 상당한 차이를 가지게 된다는 문제점이 있다.

따라서, 모터 기동 또는 저속 구동 시에는 상기 자속측정기로 추가적인 신호를 주입함으로서 상기 오차의 발생을 방지하는 제2 방식이 상기 제1 방식과 병행되어 사용되고 있다. 그러나, 상기 제2 방식은 결국 상기 모터의 속도에 따라 그 사용여부가 결정되는데, 상기 제1 방식을 사용하여 제어가 이루어지던 동기 릴럭턴스 모터의 센서리스 제어시스템이 상기 모터 속도의 변화에 따라 상기 제2 방식을 사용하게 되는 경우 시스템의 안정성이 떨어지게 된다.

다시 말해, 상기 모터의 기동 후 추정속도가 일정속도에 도달하게 되면 상기 모터가 저속영역에서 구동되는 동안 상기 제2 방식을 사용하던 시스템은 갑작스럽게 제1 방식으로 전환되어 제어됨으로서 채터링(Chattering) 등 불안정 현상이 발생하게 된다.

#### 【발명이 이루고자 하는 기술적 과제】

본 발명은 상기한 종래 기술의 문제점을 해결하기 위하여 안출된 것으로서, 그 목적은 동기 릴럭턴스 모터를 센서 없이 제어함에 있어서 상기 동기 릴럭턴스

모터가 저속 및 고속 구동 시 상기 모터 회전자의 속도와 회전각이 안정적으로 추정되거나 관측될 수 있도록 시스템에서 발생 가능한 채터링 현상 등을 방지할 수 있는 동기 릴럭턴스 모터의 센서리스 제어시스템을 제공하는데 있다.

### 【발명의 구성】

상기한 과제를 해결하기 위한 본 발명에 의한 동기 릴럭턴스 모터의 센서리스 제어시스템의 특징에 따르면, 동기 릴럭턴스 모터의 센서리스 제어를 위하여 상기 모터의 자속을 측정하고 그에 따라 상기 모터 회전자의 속도와 회전각을 추정하는 센서리스 제어블럭과, 상기 모터의 추정속도에 따라 동작여부가 결정되어 상기 모터 기동 시와 저속 구동 시 상기 센서리스 제어블록의 추정속도와 추정회전각이 보상되도록 상기 회전자의 속도와 회전각을 관측하는 저속영역 트래킹루프부와, 상기 저속영역 트래킹루프부의 동작여부를 상기 추정속도에 따라 제어하여 상기 저속영역 트래킹루프부의 온/오프에 따른 채터링(Chattering) 현상을 안정화시키는 모드절환 제어부로 구성된다.

이하, 본 발명의 바람직한 실시예를 첨부된 도면을 참조하여 상세히 설명한다.

본 발명에 의한 동기 릴럭턴스 모터의 센서리스 제어시스템은 도 1에 도시된 바와 같이, 동기 릴럭턴스 모터의 자속을 추정 및 관측하고 상기 추정자속 및 관측자속으로부터 상기 모터 회전자의 속도 및 회전각을 추정하는 센서리스

제어블록(100)과, 상기 모터의 추정속도에 따라 동작여부가 결정되어 상기 모터가 동시와 저속 구동 시 상기 센서리스 제어블록(100)의 추정속도와 추정회전각이 보상되도록 상기 회전자의 속도와 회전각을 관측하는 저속영역 트래킹루프부(200)와, 상기 저속영역 트래킹루프부(200)의 온/오프에 따른 채터링(Chattering) 현상이 안정화되도록 상기 저속영역 트래킹루프부(200)의 동작여부를 상기 추정속도에 따라 제어하는 모드절환 제어부(300)로 구성된다.

여기서, 상기 센서리스 제어블록(100)은 도시된 바와 같이, 상기 모터로 입력되는 고정좌표계의  $\alpha$ ,  $\beta$  축상의 전압( $V_\alpha$ ,  $V_\beta$ ) 및 전류( $I_\alpha$ ,  $I_\beta$ )로부터 상기 모터의 고정좌표계의  $\alpha$ ,  $\beta$  축상의 관측자속( $\hat{\lambda}_\alpha$ ,  $\hat{\lambda}_\beta$ ) 및 회전좌표계의  $d$ ,  $q$  축상의 추정자속( $\hat{\lambda}_d$ ,  $\hat{\lambda}_q$ ) 및  $q$  축상의 관측자속( $\hat{\lambda}_q$ )을 출력하는 자속측정기(101)와, 상기 자속측정기(101)에서 출력된 관측자속( $\hat{\lambda}_\alpha$ ,  $\hat{\lambda}_\beta$ ) 및 추정자속( $\hat{\lambda}_d$ ,  $\hat{\lambda}_q$ )으로부터 상기 모터 회전자의 회전각( $\sin \bar{\theta}$ ,  $\cos \bar{\theta}$ )을 하기 수학식 1,2에 따라 추정하는 회전각추정부(102)와, 상기 회전각추정부(102)에서 출력된 추정회전각( $\sin \bar{\theta}$ ,  $\cos \bar{\theta}$ )으로부터 상기 회전자의 속도( $\bar{\omega}$ )를 추정하는 속도추정부(103)로 구성된다.

### 【수학식 1】

$$\frac{\hat{\lambda}_{\alpha\beta} \wedge \hat{\lambda}_{dq}}{\lambda^2}$$

## 【수학식 2】

$$\frac{\hat{\lambda}_{\alpha\beta} \times \tilde{\lambda}_{dq}}{\lambda^2}$$

또한, 상기 저속영역 트래킹루프부(200)는 변수(X)에 따라 그 동작여부가 결정된다. 여기서, 상기 변수(X)는 상기 모터의 추정속도( $\tilde{\omega}$ )에 따라 변화하며 상기 추정속도가 저속인 경우에는 고속인 경우에 비하여 높은 값을 가진다. 또한, 상기 추정속도가 저속인 경우 동작하는 저속영역 트래킹루프부(200)는 상기 회전자의 관측회전각을 상기 회전자의 실제회전각으로 수렴시켜 상기 모터의 관측속도가 실제 속도로 수렴되도록 한다.

그 외에도, 상기 모드절환 제어부(300)는 상기 변수(X)의 변화를 감지하며 그에 따라 상기 저속영역 트래킹루프부(200)의 동작여부를 제어하게 된다. 즉, 상기 모터의 추정속도가 저속에서 고속으로 증가하는 경우 상기 모드절환 제어부(300)는 'A'에 접지되어 상기 저속영역 트래킹루프부(200)가 동작되도록 하다가 제1 속도(950~1100rpm)에 상기 모터의 추정속도가 도달하면 'B'에 접지되어 상기 저속영역 트래킹루프부(200)를 오프시킨다.

또한, 상기 모터의 추정속도가 고속에서 저속으로 감소하는 경우 상기 모드 절환 제어부(300)는 'B'에 접지되어 상기 센서리스 제어블록(100)에서 추정된 속도와 회전각만으로 상기 모터가 제어되도록 하다가, 상기 추정속도가 제2 속도(800~950rpm)에 도달하면 'A'에 접지되어 상기 저속영역 트래킹루프부(200)를

온시킨다.

그 외에, 상기 저속영역 트래킹루프부(200)는 상기 자속측정기(101)에서 측정된 자속으로부터 상기 회전자의 위치에 비례하는 비례형 관측속도( $\hat{\omega}_{\text{p}}$ )를 출력하는 비례형 관측속도 출력부(210)와, 상기 속도추정부(103)로부터 출력된 추정속도( $\tilde{\omega}$ )와, 상기 회전자의 관측회전각 및 추정회전각의 회전각오차가 합산된 값에 기준신호( $n$ )를 조합하는 기준신호 조합부(221)와, 상기 비례형 관측속도( $\hat{\omega}_{\text{p}}$ )와 기준신호가 조합된 추정속도로부터 관측속도( $\hat{\omega}$ )을 산출하는 관측속도 산출부(222)와, 상기 관측속도 산출부(222)에서 산출된 관측속도( $\hat{\omega}$ )를 적분하여 관측회전각( $\hat{\theta}$ )을 산출하는 적분기(223)와, 상기 적분기(223)에서 출력된 관측회전각( $\hat{\theta}$ )을 삼각함수 변환하여 상기 자속측정기(101)로 출력하는 삼각함수 변환부(224)와, 상기 삼각함수 변환부(224)에서 출력된 관측회전각( $\hat{\theta}$ )과 상기 회전자의 추정회전각( $\tilde{\theta}$ )의 회전각오차를 산출하는 회전각오차 산출부(225)와, 상기 산출된 회전각오차에 제1 기준게인값('h')을 곱하는 제1 게인부(226)와, 상기 제1 게인부(226)에서 제1 기준게인값이 곱해진 음의 회전각오차와 상기 추정속도( $\tilde{\omega}$ )를 합산하여 상기 기준신호 조합부(221)로 출력하는 합산부(227)로 구성된다.

여기서, 상기 추정속도( $\tilde{\omega}$ )와 비례형 관측속도( $\hat{\omega}_{\text{p}}$ ) 및 관측속도( $\hat{\omega}$ )의 관계는 다음 수학식 3과 같으며, 상기 관측속도 산출부(222)는 하기 수학식 3과 같이 비례형 관측속도( $\hat{\omega}_{\text{p}}$ )와 추정속도( $\tilde{\omega}$ )를 합함으로서 상기 관측속도( $\hat{\omega}$ )를 산출한

다.

### 【수학식 3】

$$\hat{\omega} = \hat{\omega}_{p1} + \tilde{\omega}$$

또한, 상기 회전각오차에 상기 'h'인 제1 기준계인값을 곱하여 상기 추정속도( $\tilde{\omega}$ )를 전향 보상시키는 이유는 저속과 고속의 중첩영역에서 과도상태를 안정시켜 제어시스템의 다이나믹스(dynamics)를 향상시키기 위함이다.

상기 기준신호 조합부(221)에서 조합하는 기준신호( $n$ )는 다음 수학식 4를 통해 구해진다.

### 【수학식 4】

$$n = 0.8 + (1-X)*0.2$$

단, 상기 X는 상기 모드절환 제어부(300)에서 그 변화가 감지되는 변수(X)이다.

그 외에, 상기 저속영역 트래킹루프부(200)는 상기 속도추정부에서 출력된 값을 800Hz로 밴드패스 필터링하는 밴드패스 필터(201)를 더 포함하여 구성되며, 본 발명에 따른 동기 릴리턴스 모터의 센서리스 제어시스템은 상기 삼각함수 변환부(224)에서 출력된 값을 축변환하여 상기 자속측정기(101)로 출력하는 축변환부(301)를 더 포함하여 구성된다.

더 나아가, 상기 저속영역 트래킹루프부(200) 중 비례형 관측속도 출력부(210)는 상기 자속측정기(101)에서 출력되는  $q$ 축상의 추정자속( $\hat{\lambda}_q$ )과 관측

자속( $\hat{\lambda}^q$ )의 오차를 산출하는 자속오차 산출부(211)와, 상기 자속오차 산출부(211)에서 구해진 자속오차를 800Hz로 하이패스 필터링하는 하이패스 필터(212)와, 상기 하이패스 필터에서 필터링된 값으로부터 상기 모터 회전자의 자속오차 비례값( $\delta\lambda_{q,err}$ )을 구하는 복조부(213)와, 상기 복조부에서 구해진 자속오차 비례값( $\delta\lambda_{q,err}$ )에 제2 기준게인값('40')을 곱한 위치오차 비례값( $\Theta_{err}$ )을 출력하는 제2 게인부(214)와, 상기 제2 게인부(214)에서 출력된 위치오차 비례값( $\Theta_{err}$ )을 250Hz로 로우패스 필터링하는 로우패스 필터(215)와, 상기 로우패스 필터(215)에서 필터링된 값을 비례적분하여 상기 비례형 관측속도( $\hat{\omega}_p$ )를 출력하는 비례적분기(216)로 구성된다.

도 2a, 도 2b에 도시된 실선은 상기 변수(X)를 의미하며, 점선은 상기 기준 신호( $n$ )를 의미한다. 도시된 바와 같이, 상기 모터의 추정속도에 따라 변화하는데 상기 모터의 추정속도가 800rpm에서 1100rpm으로 증가하는 경우 그 값이 1에서 0으로 감소하며, 상기 모터의 추정속도가 1100rpm에서 800rpm으로 감소하는 경우 그 값이 0에서 1로 증가한다.

또한, 상기 모드절환 제어부(300)는 상기 모터의 추정속도가 800rpm에서 1100rpm으로 증가함에 따라 상기 변수가 1에서 0으로 감소하고, 특히 상기 모터의 추정속도가 상기 제1 속도의 값을 가지게 되는 경우 상기 저속영역 트래킹루프부(200)를 오프시킨다. 또한, 상기 모드절환 제어부(300)는 상기 모터의 추정속도가 1100rpm에서 800rpm으로 감소함에 따라 상기 변수가 0에서 1로 증가하

고, 특히 상기 모터의 추정속도가 상기 제2 속도의 값을 가지게 되는 경우 상기 저속영역 트래킹루프부(200)를 온시킨다.

이하, 본 발명에 의한 동기 릴럭턴스 모터의 센서리스 제어시스템의 동작을 설명하면 다음과 같다.

먼저, 모터의 기동 시와 저속 구동 시에는 상기 모터로 유입되는 전압 성분이 상대적으로 작은 값을 가지게 되고 이에 따라 측정되는 전압의 오차가 커지게 되며 상기 모터를 구동하는 인버터부 등이 이에 따라 민감하게 반응하므로 제어의 어려움이 발생한다. 따라서, 상기와 같은 모터 기동 시 또는 저속 구동 시에는 자속측정기만을 이용한 모터 회전자의 회전각 추정에 문제가 있을 수 있으므로 이를 보상하기 위하여 임의의 신호 주인 방식을 이용하여 위치를 추정하는 루프를 추가하게 되는데 상기 루프를 본 발명에서는 저속영역 트래킹루프부라 칭한다.

저속영역 트래킹루프부의 기본적인 원리는 먼저 기동 및 저속 시에  $d$ 축 자속축에 적당한 주파수의 정현파를 가한 후 위치오차가 없다면  $q$ 축 자속축에는 신호 주입으로 인한 영향이 없고, 위치오차가 있다면 주입된 신호와 동기된 오차가 있을 것이므로 이를 보상하는 방향으로 제어를 하면서 회전자 회전각을 추정해 가는 것이다.

도 1에서 상기 저속영역 트래킹루프부는 우선,  $q$ 축 자속성분의 오차( $\hat{\lambda}^q$ )를  $800\text{Hz}$ 의 차단주파수를 가지는 하이패스 필터를 통과시켜 DC 성분을 제거한

다. 그 후, Demod라고 하는 복조 과정을 거쳐서 위치 오차에 비례하는 값( $\theta_{err}$ )을 구하고 상기 제2 기준게인값('40')을 곱한 후, 비례적분기(Proportional Integrator; 216) 보상을 위하여 상기 로우패스 필터를 거치게 된다. 상기 비례적분기를 통과한 출력을 비례형 관측속도( $\hat{\omega}_p$ )라 하고, 상기 센서리스 제어블록의 자속측정기로부터 구해지는 속도정보인 추정속도( $\hat{\omega}$ )를 기준신호( $n$ )에 의하여 적당한 비율로 조합한 후 이를 관측속도( $\hat{\omega}$ )라 한다.

그리고, 상기 관측속도( $\hat{\omega}$ )는 속도정보이므로 적분기를 거쳐 회전각정보인 관측회전각( $\hat{\theta}$ )을 구할 수 있으며, 관측회전각( $\hat{\theta}$ )은 저속영역 트래킹루프부를 돌면서 점차 실제 회전자의 실제회전각으로 수렴해 갈 것이다. 그러므로 저속 영역에서 속도정보인 관측속도( $\hat{\omega}$ )도 실제속도로 수렴해 갈 것이다.

도 2a와 도 2b는 모드절환 제어부의 동작원리를 나타낸다.

도시된 바와 같이, 자속측정기를 통해 구해지는 추정회전각( $\sin\hat{\theta}$ )이 올바른 값, 즉 실제회전각으로 수렴할 수 있을 정도(대략 950rpm)로 모터의 속도가 도달하면 본 발명에 의한 동기 릴럭턴스 모터의 센서리스 제어시스템은 관측회전각( $\sin\hat{\theta}$ ) 대신 추정회전각( $\sin\hat{\theta}$ )을 사용하게 되며 이 경우 토글(torqble)이 발생하게 된다.

도 2a, 2b에 도시된 실선이 의미하는 변수(X)는 신호가 주입되는 양을 결정하며, 도시된 바와 같이 모터가 저속 구동중인 경우에는 '1'의 값을 가지고, 고속 구동중인 경우에는 '0'의 값을 가지며, 절환구간(800rpm~1100rpm)에서는 '1'에서

'0'으로 감소하게 된다. 즉, 상기 변수( $X$ )는 속도를 기준으로 결정된다. 따라서 궁극적으로 센서리스 제어블록과 저속영역 트래킹루프부의 절환은 속도를 기준으로 이루어지게 된다.

그러나, 도 2의 경우 절환의 기준점이 속도가 되므로 절환 시 약간의 흔들림으로도 다시 절환이 발생하여 채터링 현상 등이 발생할 수 있다. 특히, 일단 추정회전각을 사용하도록 절환된 이후에는 신호 주입이 계속되고 있더라도 저속영역 트래킹루프부에서 관측된 관측회전각이 실제로 사용되지 않으므로 관측회전각의 오차는 더욱 커지게 된다. 상기와 같은 문제점을 해결하기 위해서는 상기 제1 기준계인 값('h')을 큰 값을 사용할 수도 있지만, 이럴 경우 저속영역 트래킹루프부의 성능에 영향을 미치게 된다. 결과적으로 저속/고속 모드 절환 시 채터링 같은 현상이 발생하게 되면 악순환이 일어나서 센서리스 제어가 실패할 수도 있다.

즉, 상기 도 2a와 같은 경우 가장 큰 문제점은 센서리스 제어블록과 저속영역 트래킹루프부의 추정속도 및 추정회전각 결과 간의 차이이다. 양 모드간의 결과에 차이가 존재할 경우에 도 2a와 같은 방식으로 모드 절환이 이루어지게 되면 채터링 현상이 발생하게 된다.

다시 말해, 도 2a의 경우 저속모드에서 고속모드로 넘어가는 순간에 만일 추정속도( $\tilde{\omega}$ )가 관측속도( $\hat{\omega}$ )보다 작을 경우 바로 다시 저속모드로 변환하게 되지만, 일단 고속모드로 변환된 후에는 저속모드의 센서리스 제어성능이 매우 저하된 후이므로 센서리스 제어블록의 성능이 악화되게 된다.

도 2b는 상기 도 2a의 문제점을 없애기 위하여 hysteresis Band와 같은

구역(빗금친 영역)을 설정하여 센서리스 제어블록과 저속영역 트래킹루프부를 사용하는 두 방식간의 절환을 구현하고자 한다. 이 경우, 저속에서 고속모드로 전환 후 약간의 속도추정치나 회전각추정치의 차이가 존재하더라도 모드 절환이 다시 이루어지는 것을 막을 수 있으므로 보다 안정적인 센서리스 제어가 가능하게 된다. 반대로 고속에서 저속모드로의 전환 시에도 채터링현상을 없애 보다 안정적인 센서리스 제어가 가능하도록 한다.

즉, 저속에서 고속으로의 모드절환은 좀 더 높은 속도인 제1 속도(950~1100rpm)에서, 그리고 고속에서 저속으로의 절환은 좀 더 낮은 속도인 제2 속도(800~950rpm)에서 이루어지게 되므로 절환될 모드의 회전각추정치가 보다 정확해진 후에 모드절환을 이루게 된다.

### 【발명의 효과】

상기와 같이 구성되는 본 발명의 동기 릴럭턴스 모터의 센서리스 제어시스템은 동기 릴럭턴스 모터의 센서리스 제어를 위하여 상기 모터의 자속을 측정하고 그에 따라 상기 모터 회전자의 속도와 회전각을 추정하는 센서리스 제어블럭과, 상기 모터의 추정속도에 따라 동작여부가 결정되어 상기 모터 기동 시와 저속 구동 시 상기 센서리스 제어블록의 추정속도와 추정회전각이 보상되도록 상기 회전자의 속도와 회전각을 관측하는 저속영역 트래킹루프부와, 상기 저속영역 트래킹루프부의 동작여부를 상기 추정속도에 따라 제어하며 상기 저속영역 트래킹루프부의 온/오프에 따른 채터링(Chattering) 현상을 안정화시키는 모드절환 제어부로 구성되어 모

터의 저속/고속 구동에 따라 상기 제어시스템이 저속/고속모드로 절환 시 채터링과 같은 현상이 발생하는 것을 방지할 수 있으며 특히 고속모드로 절환이 이루어진 후 저속모드의 센서리스 제어성능 저하를 방지하여 두 모드간의 추정치의 오차에도 안정성 있는 성능을 발휘할 수 있는 동기 릴럭턴스 모터의 센서리스 제어시스템을 제공할 수 있는 효과가 있다.

## 【특허청구범위】

### 【청구항 1】

동기 릴럭턴스 모터의 센서리스 제어를 위하여 상기 모터의 자속을 측정하고 그에 따라 상기 모터 회전자의 속도와 회전각을 추정하는 센서리스 제어블럭과; 상기 모터의 추정속도에 따라 동작여부가 결정되어 상기 모터 기동 시와 저속 구동 시 상기 센서리스 제어블록의 추정속도와 추정회전각이 보상되도록 상기 회전자의 속도와 회전각을 관측하는 저속영역 트래킹루프부와; 상기 저속영역 트래킹루프부의 동작여부를 상기 추정속도에 따라 제어하며 상기 저속영역 트래킹루프부의 온/오프에 따른 채터링(Chattering) 현상을 안정화시키는 모드절환 제어부를 포함하여 구성되는 것을 특징으로 하는 동기 릴럭턴스 모터의 센서리스 제어시스템.

### 【청구항 2】

제 1 항에 있어서,

상기 센서리스 제어블록은 상기 모터로 입력되는 고정좌표계상의 전압 및 전류로부터 상기 모터의 추정자속 및 관측자속을 출력하는 자속측정기와; 상기 자속측정기에서 출력된 추정자속 및 관측자속으로부터 상기 모터 회전자의 회전각을 추정하는 회전각추정부와; 상기 회전각추정부에서 추정된 회전각으로부터 상기 회전자의 속도를 추정하는 속도추정부로 구성되며;

상기 저속영역 트래킹루프부는 상기 모터의 추정속도에 따라 변화하며 상기 추정속도가 저속인 경우에는 고속인 경우에 비하여 높은 값을 가지는 변수에 따라 상기 회전자의 관측회전각을 실제회전각으로 수렴시켜 상기 모터의 관측속도가 실

제속도로 수렴되도록 하며;

상기 모드절환 제어부는 상기 변수의 변화를 감지하여 상기 모터의 추정속도가 저속에서 고속으로 변하는 경우 상기 저속영역 트래킹루프부가 오프되는 제1 속도가, 상기 모터의 속도가 고속에서 저속으로 변하는 경우 상기 저속영역 트래킹루프부가 온되는 제2 속도보다 크도록 상기 저속영역 트래킹루프부의 동작여부를 제어하는 것을 특징으로 하는 동기 릴렉턴스 모터의 센서리스 제어시스템.

### 【청구항 3】

제 2 항에 있어서,

상기 저속영역 트래킹루프부는 상기 자속측정기에서 측정된 자속으로부터 상기 회전자의 위치에 비례하는 비례형 관측속도를 출력하는 비례형 관측속도 출력부와; 상기 속도추정부로부터 출력된 추정속도와, 상기 회전자의 관측회전각 및 추정회전각의 회전각오차가 합산된 값에 기준신호를 조합하는 기준신호 조합부와; 상기 비례형 관측속도와 기준신호가 조합된 추정속도로부터 관측속도를 산출하는 관측속도 산출부와; 상기 관측속도 산출부에서 산출된 관측속도를 적분하여 관측회전각을 산출하는 적분기와; 상기 적분기에서 출력된 관측회전각을 삼각함수 변환하여 상기 자속측정기로 출력하는 삼각함수 변환부와; 상기 삼각함수 변환부에서 출력된 관측회전각과 상기 회전자의 추정회전각의 오차를 산출하는 회전각오차 산출부와; 상기 산출된 회전각오차에 제1 기준게인값을 곱하는 제1 게인부와; 상기 제1 게인부에서 제1 기준게인값이 곱해진 회전각오차와 상기 추정속도를 합산하여 상기 기준신호 조합부로 출력하는 합산부를 포함하여 구성되는 것을 특징으로 하는 동기 릴렉턴스

모터의 센서리스 제어시스템.

【청구항 4】

제 3 항에 있어서,

상기 비례형 관측속도 출력부는 상기 자속측정기에서 출력되는 회전좌표계상의 자속성분 중  $q$ 축 상의 추정자속과 관측자속의 오차를 산출하는 자속오차 산출부와; 상기 자속오차 산출부에서 구해진 자속오차를 하이패스 필터링하는 하이패스 필터와; 상기 하이패스 필터에서 필터링된 값으로부터 상기 모터회전자의 자속오차 비례값을 구하는 복조부와; 상기 복조부에서 구해진 자속오차 비례값에 제2 기준개인값을 곱한 위치오차 비례값을 출력하는 제2 개인부와; 상기 제2 개인부에서 출력된 위치오차 비례값을 로우패스 필터링하는 로우패스 필터와; 상기 로우패스 필터에서 필터링된 값을 비례적분하여 비례형 관측속도를 출력하는 비례적분기를 포함하여 구성되는 것을 특징으로 하는 동기 릴럭턴스 모터의 센서리스 제어시스템.

【청구항 5】

제 3 항에 있어서,

상기 기준신호는 다음식을 통해 구해지는 것을 특징으로 하는 동기 릴럭턴스 모터의 센서리스 제어시스템.

$$n = 0.8 + (10-X)*0.2$$

(여기서,  $n$  은 상기 기준신호를 나타내고,  $X$ 는 상기 모드절환 제어부에서 그 변화가 감지되는 변수를 나타낸다.)

【청구항 6】

제 2 항에 있어서,

상기 제1 속도는 950~1100rpm의 값을 가지며 상기 제2 속도는 800~950rpm의 값을 가지는 것을 특징으로 하는 동기 릴럭턴스 모터의 센서리스 제어시스템.

### 【청구항 7】

제 2 항에 있어서,

상기 변수는 상기 모터의 추정속도가 800rpm에서 1100rpm으로 증가하는 경우 그 값이 1에서 0으로 감소하며, 상기 추정속도가 1100rpm에서 800rpm으로 감소하는 경우 그 값이 0에서 1로 증가하는 것을 특징으로 하는 동기 릴럭턴스 모터의 센서리스 제어시스템.

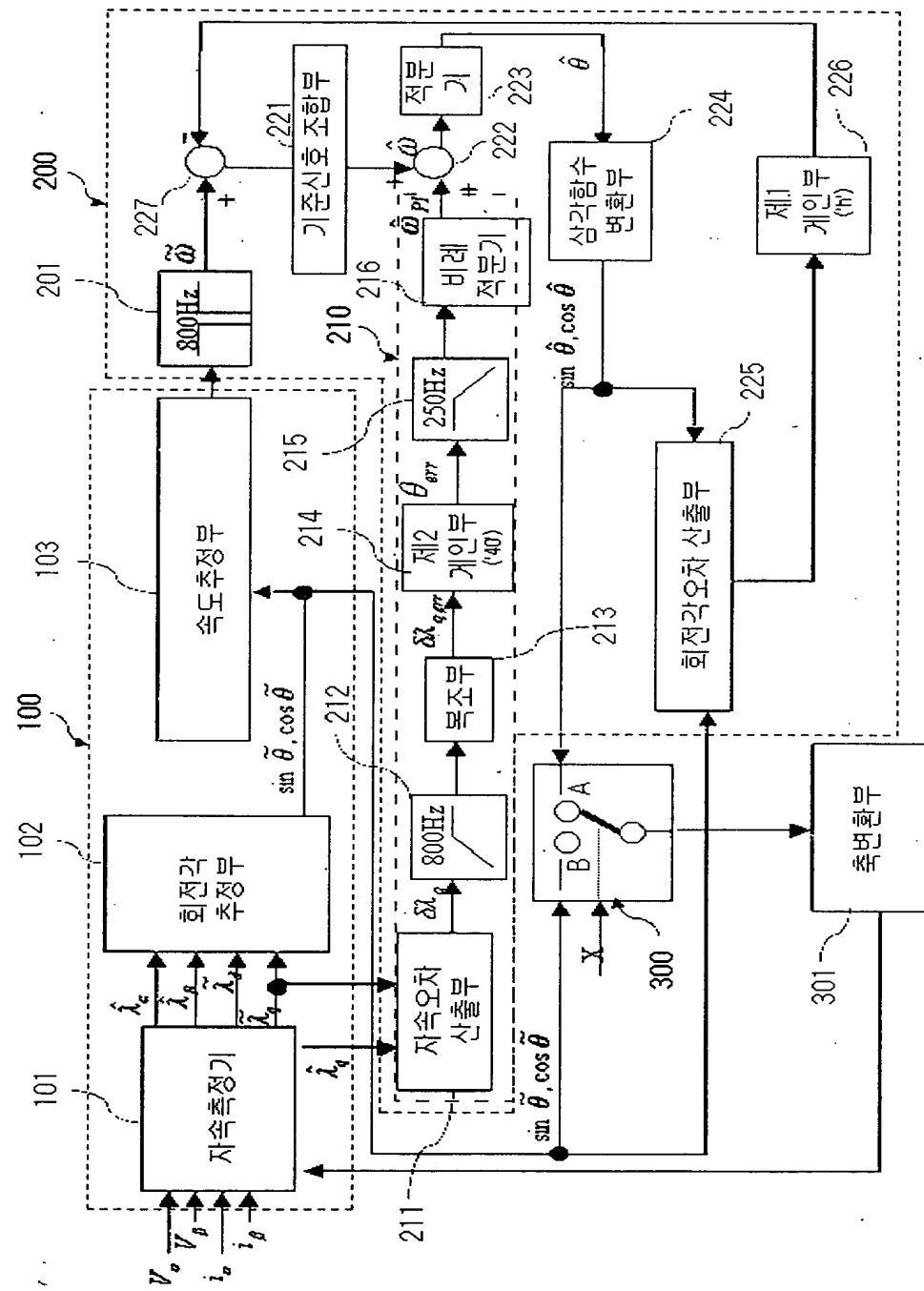
### 【청구항 8】

제 7 항에 있어서,

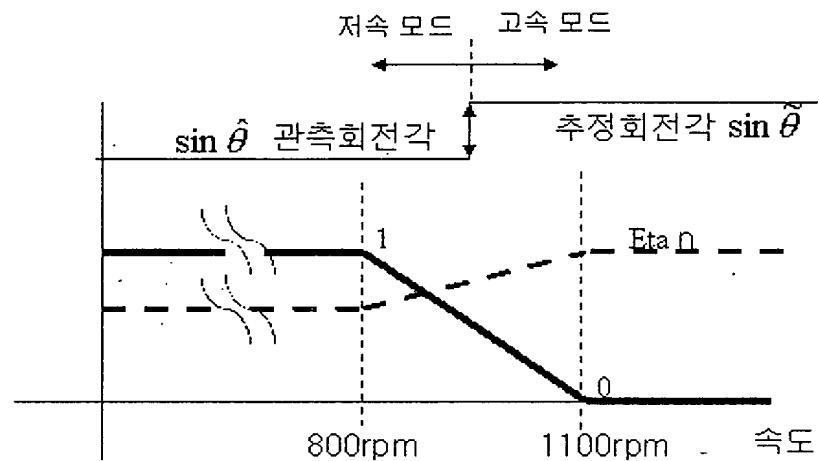
상기 모드절환 제어부는 상기 변수가 1에서 0으로 감소하며 상기 모터의 추정속도가 상기 제1 속도를 가지는 경우 상기 저속영역 트래킹루프부를 오프시키고, 상기 변수가 0에서 1로 증가하며 상기 모터의 추정속도가 상기 제2 속도를 가지는 경우 상기 저속영역 트래킹루프부를 온시키는 것을 특징으로 하는 동기 릴럭턴스 모터의 센서리스 제어시스템.

【도면】

【도 1】



【도 2a】



【도 2b】

